

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta Strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Návrh posilovacího stroje

Design of a Bodybuilder

Student :

Ondřej Ščudla

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Ščudla**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Návrh posilovacího stroje
Design of a Bodybuilder**

Zásady pro vypracování:

1. Navhňte jednoduchý víceúčelový posilovací stroj pro domácí použití :
 - proveďte rešerši posilovacích strojů
 - na základě zvoleného typu posilovacího stroje proveďte pevnostní kontrolu vybraných kritických míst se šroubovými spoji, čepovými spoji, svařované konstrukce, případně ložisek.
2. Nakreslete:
 - sestavný výkres posilovacího stroje
 - výrobní výkres vybrané strojní součásti (po dohodě s vedoucím BP).

Seznam doporučené odborné literatury:

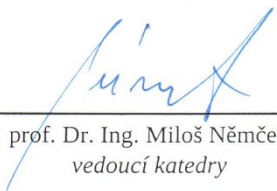
Bolek, A.; Kochman, J. *Části strojů I*. Praha: SNTL, 1990. 775s. ISBN 80-03-00046-7
Dejl, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8
Leinveber, J.-Vávra, P. *Strojnické tabulky*. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7
Firemní katalogy, prospekty.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě20.5.2013.....

.....Ondřej Ščudla.....

Ondřej Ščudla

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.5.2013



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Ondřej Ščudla

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Horní Štěpánov 59, 798 47

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠČUDLA, O. *Návrh posilovacího stroje : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2013, 47 s. Vedoucí práce: Kunzová, I.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem víceúčelového posilovacího stroje pro domácí použití. V úvodu práce jsou srovnány jednotlivé posilovací stroje na trhu. Na základě srovnání jednotlivých posilovacích strojů je navrženo vhodné řešení konstrukce jednoduchého víceúčelového posilovacího stroje pro domácí použití. Poté jsou určeny síly, které ho zatěžují. Následuje návrh dalších důležitých částí celého zařízení. Dále jsou provedeny pevnostní výpočty čepů, šroubů a svarů, které se na posilovacím stroji vyskytují. Na závěr je uveden technický popis navrženého víceúčelového posilovacího stroje s popisem jeho funkce. K práci je přiložena také výkresová dokumentace.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŠČUDLA, O. *Design of a Bodybuilder : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanism, 2013, 47 p. Thesis head: Kunzová, I.

The thesis focuses on construction design of multipurpose bodybuilder for home use. In the beginning of thesis there is comparison of bodybuilders on the market. On the basis of its comparison is proposed its suitable solution. Forces, which act on bodybuilder are determined and the most important parts are designed, the same thing is done with connections of that parts. In the end of thesis there is technical description of designed bodybuilder which contains description of its functions. Drawing documentation is added to the thesis.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	7
1 Úvod.....	9
1.1 Cíle bakalářské práce	9
2 Posilovací stroje	10
2.1 Posilovací lavice KETTLER SET K 50.....	10
2.2 Posilovací věž KETTLER KINETIC F7	11
3 Návrh posilovacího stroje	13
3.1 Kontrola vybraných míst konstrukce na ohyb	14
3.1.1 Kontrola nosníku stojanu na ohyb	15
3.1.2 Kontrola hlavního tělesa stroje na ohyb.....	16
3.2 Kontrola svarů.....	18
3.2.2 Kontrola svaru 2.....	21
3.2.3 Kontrola svaru 3.....	23
3.2.4 Kontrola svaru 4.....	25
3.3 Kontrola čepů.....	28
3.3.1 Kontrola čepu A	29
3.3.2 Kontrola čepu B	31
3.3.3 Kontrola čepu C	35
3.3.4 Kontrola čepu D	36
3.4 Kontrola šroubu.....	39
3.4.1 Kontrola šroubu.....	40
4 Technický popis zařízení	43
5 Závěr.....	44
Použitá literatura	45
Seznam příloh	46

Seznam použitých značek a symbolů

$R_1, R_2, R_3, F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8,$ $F_9, F_{10}, F_{11}, F_{12}, F_A, F_B, F_C, F_D, F_E$	Zatěžující síly	[N]
F_{cv}	Max. síla, kterou působí cvičenec	[N]
F_{zv}	Max. síla, kterou působí činka	[N]
F_{dyn}	Max. dynamická síla	[N]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
L_2	Délka nosníku	[mm]
k_{s1}, k_{s2}, k_{s3}	Statická bezpečnost	[-]
h_1	Vnitřní výška profilu materiálu	[mm]
H_1	Vnější výška profilu materiálu	[mm]
$b_1, l_{A3}, l_{B3}, l_{C3}, l_{D3}, l_{E3}$	Vnitřní šířka profilu materiálu	[mm]
B_1	Vnější šířka profilu materiálu	[mm]
$W_{01}, W_{OSV1}, W_{OSV2}, W_{OSV2}, W_{OSV2}$	Průřezový modul v ohybu	[mm ³]
$M_{02}, M_{OAmax}, M_{OBmax}, M_{OCmax}, M_{ODmax},$ $M_{OEmax}, M_{OSV1}, M_{OSV2}, M_{OSV3}, M_{OSV4}$	Maximální ohybový moment	[MPa]
σ_{O1}	Maximální ohybové napětí	[MPa]
$\sigma_{DOV1}, \tau_D, \sigma_D$	Dovolené napětí	[MPa]
K_1, K_2, K_3, K_4, m, n	Délka ramene od působíště síly	[mm]
$l_1, l_2, l_3, l_4, c_1, c_2, c_3, c_4$	Délka svaru	[mm]
z_1, z_2, z_3, z_4	Odvěsna trojúhelníku svaru	[mm]
$a_1, a_2, a_3, a_4, d_1, d_2, d_3, d_4,$	Výška největšího rovnoramenného pravoúhlého trojúhelníku vepsaného do průřezu svaru	[mm]
$J_{z1}, J_{z2}, J_{z3}, J_{z4}$	Kvadratický moment průřezu svaru	[mm ²]
$\tau_{\perp 1}, \tau_{\perp 2}, \tau_{\perp 3}, \tau_{\perp 4}$	Napětí ve svaru při namáhání na ohyb	[MPa]
$\tau_{//1}, \tau_{//2}, \tau_{//3}, \tau_{//4}$	Napětí ve svaru při namáhání na smyk	[MPa]
$\tau_{S1}, \tau_{S2}, \tau_{S3}, \tau_{S4}, \tau_{S5}$	Smykové napětí	[MPa]

$T_{DSV1}, T_{DSV2}, T_{DSV3}, T_{DSV4}$	Dovolené napětí ve svaru	[MPa]
$T_{red1}, T_{red2}, T_{red3}, T_{red4}$	Redukované výsledné napětí svaru	[MPa]
β	Součinitel tloušťky koutového svaru	[-]
k_3	Převodní koutový součinitel čelní	[-]
k_4	Převodní koutový součinitel boční	[-]
$l_{A1}, l_{A2}, l_{B1}, l_{B2}, l_{C1}, l_{C2}, l_{D1}, l_{D2}, l_{E1}, l_{E2}$	Tloušťka stěny materiálu	[mm]
p_D	Hodnota dovoleného tlaku	[MPa]
$p_{A1}, p_{A2}, p_{B1}, p_{B2}, p_{C1}, p_{C2}, p_{D1}, p_{D2}, p_{E1}, p_{E2}$	Tlak ve stykové ploše	[MPa]
d_A, d_B, d_C, d_D	Průměr čepu	[mm]
d_E	Průměr lícovaného šroubu	[mm]
α, γ	Úhel naklopení ramene	[°]
d	Délka posilovacího stroje	[mm]
\bar{s}	Šířka posilovacího stroje	[mm]
v	Výška posilovacího stroje	[mm]

1 Úvod

Cílem bakalářské práce je navrhnout jednoduchý víceúčelový posilovací stroj pro domácí použití, který se dá v případě potřeby pro lepší uskladnění rozložit. Může se různě polohovat pro možnost procvičení co nejvíce svalových partií. V první části bakalářské práce bude uvedena literární rešerše, ve které budou znázorněny různé provedení konstrukcí víceúčelových posilovacích strojů. V další části bude popsáno konstrukční řešení včetně vybraných kritických míst se šroubovými spoji, čepovými spoji, svařované konstrukce.

1.1 Cíle bakalářské práce

- Vypracovat rešerši posilovacích strojů
- Navrhnout vhodný konstrukční návrh
- Pevnostní kontrola kritických míst
- Vytvořit výkresovou dokumentaci

2 Posilovací stroje

Posilovacím strojem se rozumí stroj, který slouží pro procvičování svalových partií. Tyto stroje bývají většinou konstruovány pro člověka s hmotností přes 100 kg. Využívají se v posilovnách, nebo pro domácí použití. Stroje mohou být pevně připevněny k zemi, nebo s nimi lze volně pohybovat. Většina posilovacích strojů je rozebíratelných pro jejich lepší manipulovatelnost a skladovatelnost. Posilovací stroje mohou být buďto stroje jednoúčelové, na kterých se dá cvičit pouze jedna svalová partie. Tyto stroje se používají nejčastěji v posilovnách. Dále jsou stroje víceúčelové, na kterých lze posilovat více svalových partií. Tyto stroje se většinou pořizují domů. Víceúčelové posilovací stroje se dají rozdělit na posilovací věže a posilovací lavice.

2.1 Posilovací lavice KETTLER SET K 50

Tento posilovací set obsahuje polohovatelnou lavici a stojan na velkou činku. Je to ideální spojení pro mnohostranný trénink veškerého svalstva. Celá tato sestava je vyrobena ze silnostěnných čtvercových ocelových profilů, které jsou povrchově upraveny lakováním odolnou práškovou barvou.

Lavice má kvalitně polstrované opěrky, možnost nastavení opěrky o 78° a nastavení sklonu sedadla zabraňuje sklouznutí z lavice při cvičení na šikmé lavici. Bezpečnostní doraz pro odložení činky v případě přecenění sil, odolný potah opěrky.

Stojan na činku je výškově nastavitelný do 170 cm.



Obr. 2. 1 - KETTLER SET K 50 [1]

Tab. 1: Technické parametry KETTLER SET K50

Maximální hmotnostní zatížení lavice (činka + cvičenec)	300kg
Maximální hmotnostní zatížení stojanu na činku	150kg
Rozměry pro sestavení lavice (d x š x v)	(125cm, 68cm, 130cm)
Rozměry pro sestavení stojanu (d x š x v)	(134cm, 145cm, 170cm)

2.2 Posilovací věž KETTLER KINETIC F7

Je multifunkční posilovací věž pro kompletní procvičení celého těla. Doplněná o protisměrné kladky a adaptér leg-pressu. Konstrukce je vyrobená ze silnostěnných ocelových profilů s kvalitní povrchovou úpravou. Věž nabízí dokonalé polohování veškerých nastavců, jako je (adaptér pro peck-deck, legpress, předkopávání, výškově nastavitelné sedátko, atd.).



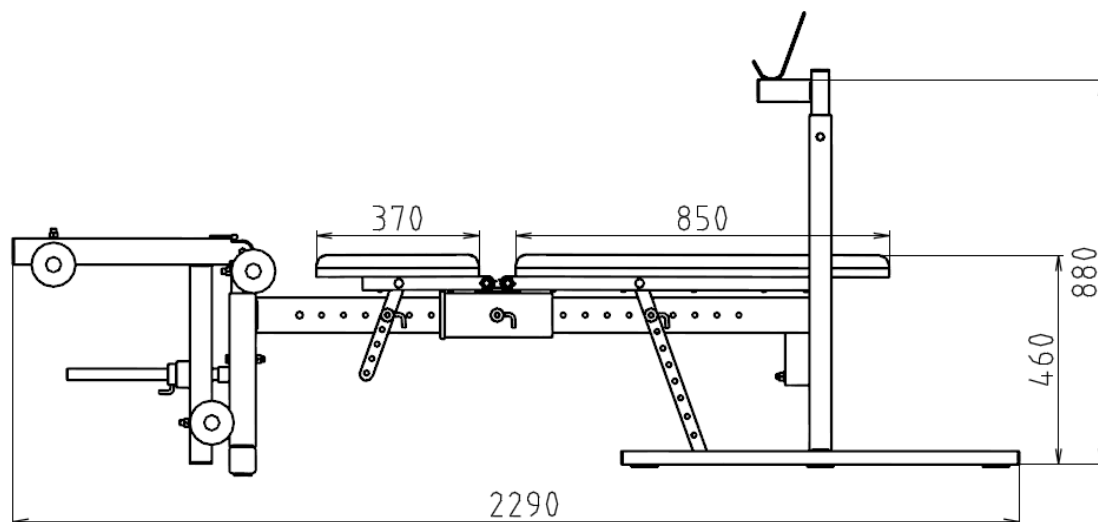
Obr. 2. 2 - KETTLER KINETIC F7 [1]

Tab. 2: Technické parametry KETTLER KINETIC F7

Maximální hmotnost závaží	100kg
Maximální hmotnost cvičence	150kg
Rozměry stroje (d x š x v)	(200cm, 200cm, 215cm)
Hmotnost stroje	236kg

3 Návrh posilovacího stroje

Při návrhu posilovacího stroje jsem vycházel především ze základních rozměrů, jako je výška lavice nad zemí, velikost lavice, šířka stojanu atd. Maximální váhu člověka jsem stanovil na 150kg, maximální váhu závaží na velké čince 200kg a maximální váhu na kombinovaném stanovišti pro zakopávání a předkopávání 100kg. Mým dalším cílem bylo, aby se dal stroj co nejvíce polohovat a tak umožnil cvičení co nejvíce cviků. Zároveň umožnit cvičení lidem různých postav. Další snahou bylo umožnit rozložení stroje pro jeho lepší manipulovatelnost. Pro konstrukci jsem volil profilovou ocel čtvercového, nebo obdélníkového průřezu od firmy Feron, a.s. Materiálem je nelogovaná ocel obvyklých jakostí, svařitelná, vhodná pro výrobu dutých profilů bezešvých, nebo svařovaných. $R_e = 235 \text{ MPa}$. Odpovídající ocel dle ČSN je 11 375. Na obr. 3.1 jsou znázorněny základní rozměry posilovacího stroje.

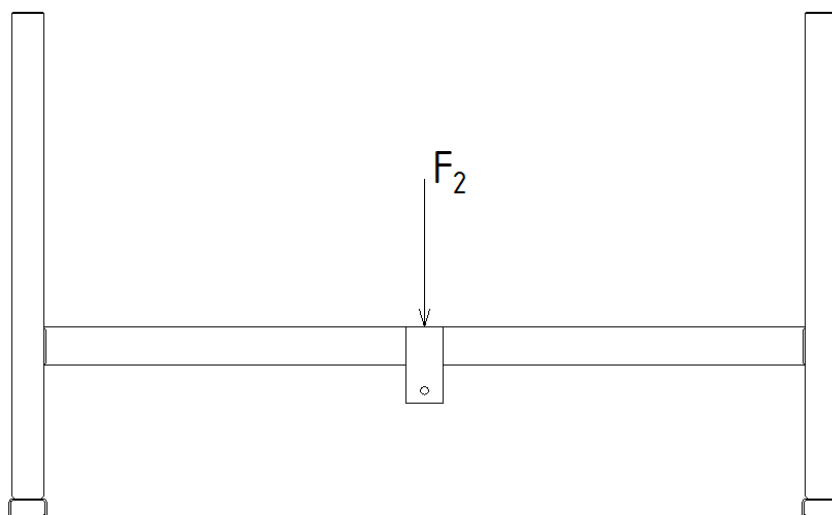


Obr 3. 1 - Návrh posilovacího stroje

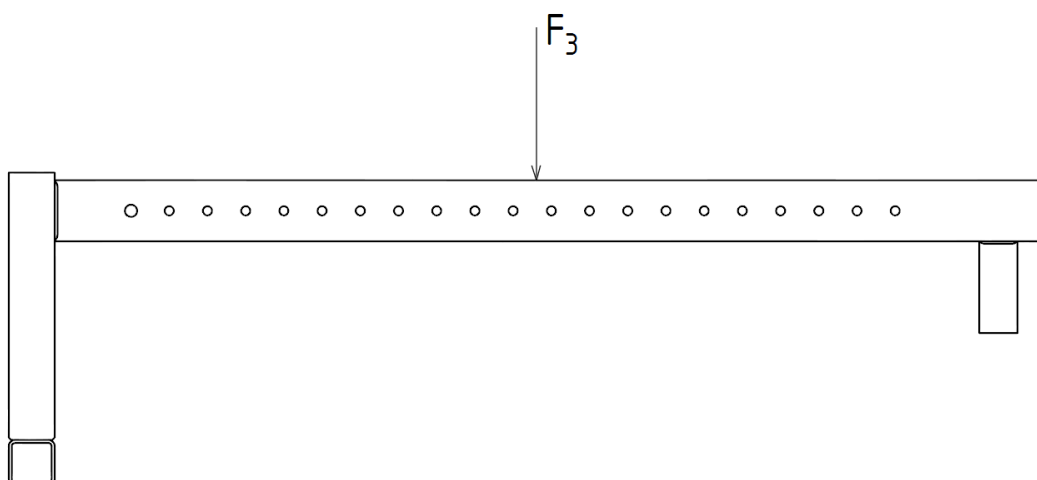
3.1 Kontrola vybraných míst konstrukce na ohyb

První ohyb jsem kontroloval u stojanu na velkou činku, kde jsem zjišťoval, zda nosník (který spojuje jednotlivé nohy stojanu), vydrží zatížení ohybovou silou, která působí přímo uprostřed nosníku. Ohybová síla F_2 je součet maximální váhy cvičence, maximální váhy závaží na velké čince a maximální dynamické síly, která vzniká při zvedání závaží ze stojanu. Síla F_2 je znázorněna na obr. 3.2.

Kontrolu druhého ohybu jsem provedl u hlavního tělesa posilovacího stroje, které bylo zeslabeno otvory pro pojištění polohy lavice. Pro tento výpočet jsem použil MKP. Síla F_3 je znázorněna na obr. 3.3.



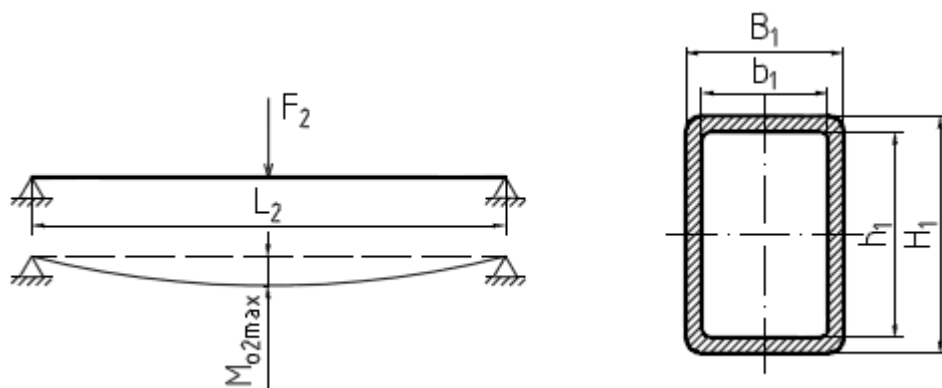
Obr 3. 2 - Stojan na velkou činku



Obr 3. 3 - Hlavní těleso stroje

3.1.1 Kontrola nosníku stojanu na ohyb

U nosníku jsem zjišťoval, zda vydrží maximální zatěžující sílu F_2 . Materiálem je obdélníková profilová ocel TR OBD 60x40x4 - 1200 - ČSN EN 10219-2 od firmy Feron, a.s.



Obr 3. 4 - Schéma výpočtu ohybového momentu, průřez materiálu

Maximální síla, kterou působí cvičenec - $F_{cv} = 1500N$

Maximální síla závaží - $F_{zv} = 2000N$

Maximální dynamická síla - $F_{dyn} = 1000N$

Mez kluzu - $R_e = 235MPa$

Délka nosníku - $L_2 = 1200mm$

Statická bezpečnost - $k_{s1} = 2$

Vnitřní výška profilu materiálu - $h_1 = 52mm$

Vnější výška profilu materiálu - $H_1 = 60mm$

Vnitřní šířka profilu materiálu - $b_1 = 32mm$

Vnější šířka profilu materiálu - $B_1 = 40mm$

Celková zatěžující síla:

$$F_2 = F_{cv} + F_{zv} + F_{dyn} = 1500 + 2000 + 1000 = 4500N \quad (1)$$

Průřezový modul v ohybu:

$$W_{o1} = \frac{B_1 \cdot H_1^3 - b_1 \cdot h_1^3}{6 \cdot H_1} = \frac{40 \cdot 60^3 - 32 \cdot 52^3}{6 \cdot 60} = 11501,5mm^3 \quad (2)$$

Výpočet maximálního napětí:

$$\sigma_{o1} = \frac{M_{o2}}{W_{o1}} = \frac{\frac{F_2}{2} \cdot \frac{L_2}{2}}{W_{o1}} = \frac{2250 \cdot 600}{11501,5} = 112,4 MPa \quad (3)$$

M_{o2} - Maximální ohybový moment

Maximální dovolené napětí:

$$\sigma_{DOV1} = \frac{R_e}{k_{s1}} = \frac{235}{2} = 117,5 MPa \quad (4)$$

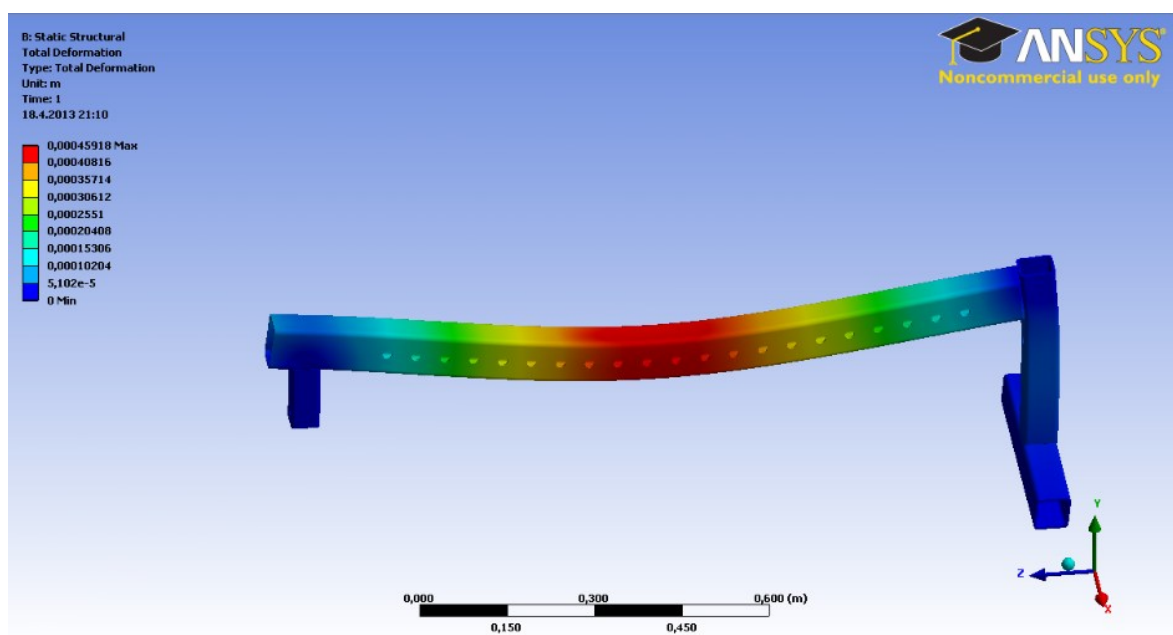
$$\sigma_{o1} < \sigma_{DOV1} \quad (5)$$

$$112,4 < 117,5 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

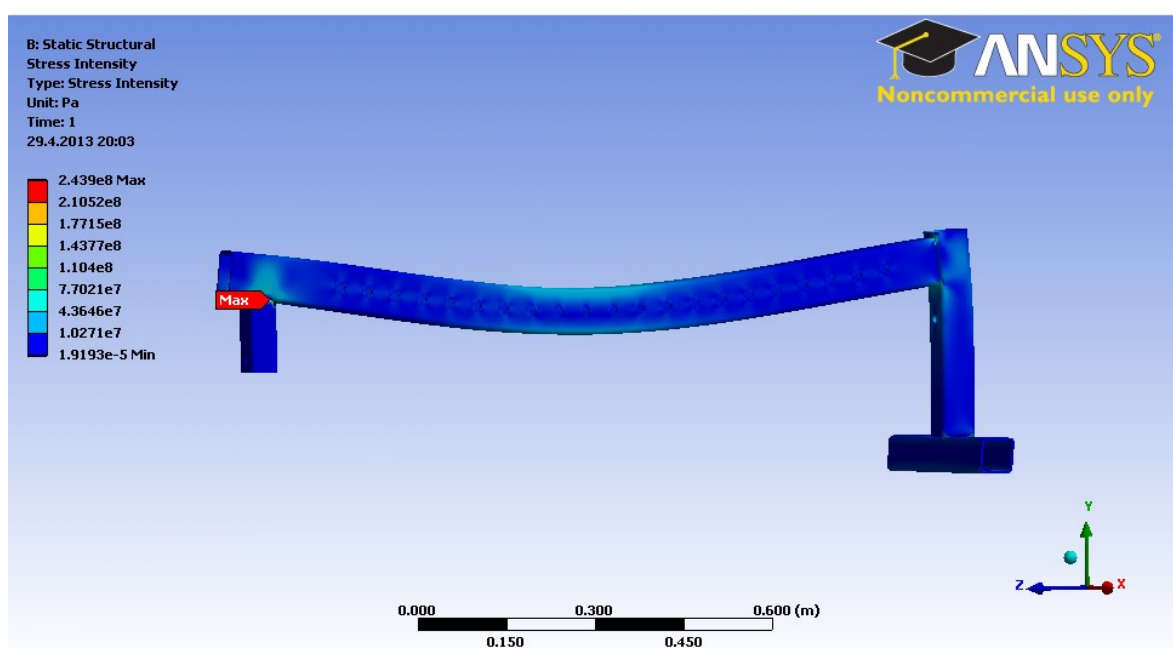
3.1.2 Kontrola hlavního tělesa stroje na ohyb

Kontrolu jsem provedl pomocí MKP. Proto, abych zjistil největší deformaci, tak jsem maximální sílu F_3 zavedl uprostřed tělesa. Tato síla je znázorněna na obr. 3.3. Zjistil jsem, že při maximálním zatížení nosníku dojde v působišti síly k průhybu 0,46 mm (obr.3.5), což je zanedbatelná hodnota.

Dále jsem zjistil, že největší ekvivalentní napětí vzniklo ve svarovém spoji, toto napětí má hodnotu 244 MPa. V působišti síly F_3 se bude napětí pohybovat kolem 50 MPa, což je nízká hodnota (obr. 3.6).



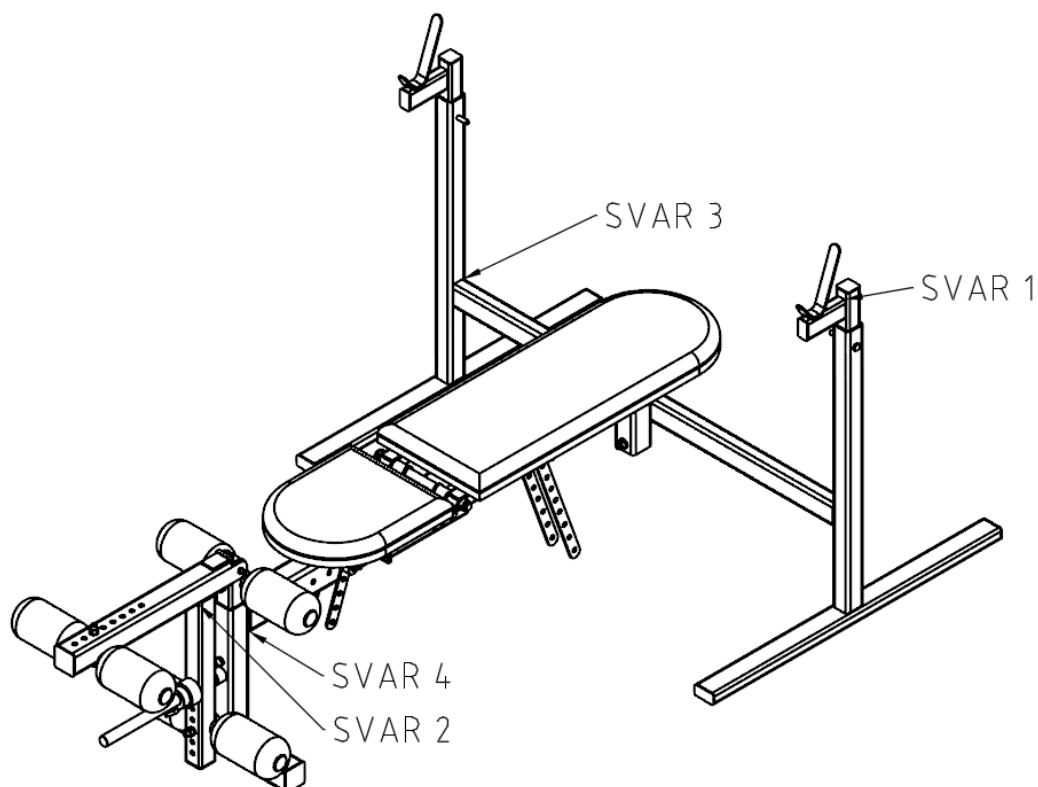
Obr 3. 5 - Maximální deformace základního tělesa posilovacího stroje pomocí MKP



Obr 3. 6 - Kontrola napětí v základním tělese posilovacího stroje pomocí MKP

3.2 Kontrola svarů

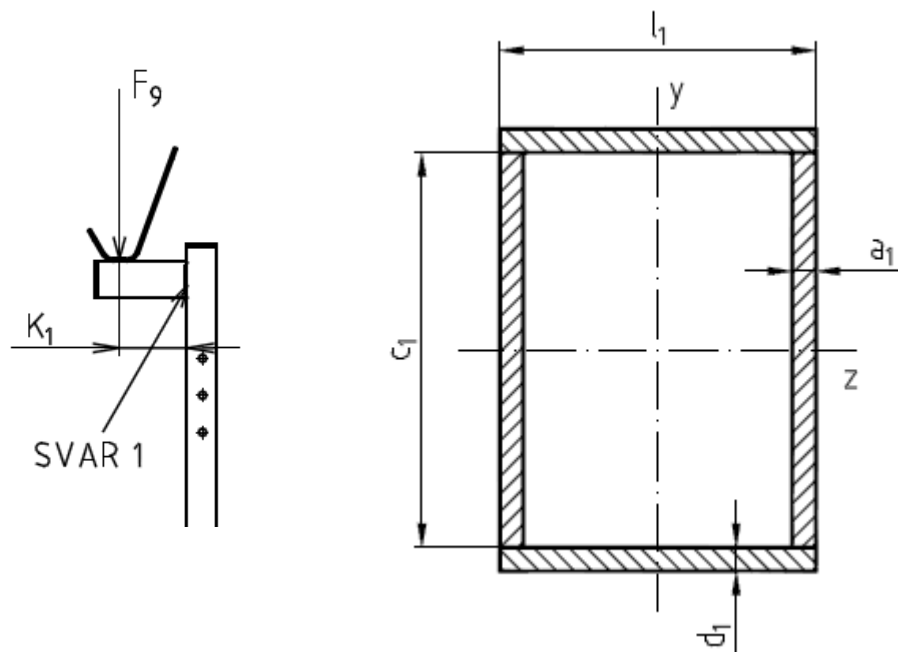
Jelikož se v konstrukci posilovacího stroje nachází několik svarů, které jsou více namáhané, je zapotřebí pro tyto svary provést pevnostní výpočet. Na obr. 3.7 můžeme vidět svary, které jsem zkontroloval, a které jsou důležité z hlediska bezpečnosti cvičence. Všechny svary jsou obvodové koutové. Svary jsou vyrobeny elektrickým obloukem a zvolil jsem jednu z nejpoužívanějších rutilových elektrod pro svařování všech běžných konstrukčních nelegovaných ocelí. Elektrodu s označením E-R 117, $R_e = 410 \text{ MPa}$.



Obr 3. 7 - Posilovací stroj s vyznačenými svary

3.2.1 Kontrola svaru 1.

Tento svar je velice důležité zkontrolovat, protože zaručuje zajištění velké činky v její poloze na stojanu. Na svar může působit síla F_9 , která má velikost hmotnosti závaží a musím k ní připočítat bezpečnostní sílu, což je síla cvičence, protože cvičenec by se mohl na činku například věsit.



Obr 3. 8 – Zatěžující síla a nosný průřez svaru 1

Mez kluzu svarového kovu - $R_e = 410MPa$

$$F_{cv} = 1500N$$

$$F_{zv} = 2000N$$

Délka ramena od působíště maximální síly - $K_1 = 90mm$

Součinitel statické bezpečnosti - $k_{s2} = 1,5$

Délka svaru - $l_1 = 40mm$

Délka svaru - $c_1 = 50mm$

Šířka svaru - $a_1 = d_1 = 3mm$

Maximální síla působící na svar 1:

$$F_9 = \frac{F_{cv}}{2} + \frac{F_{zv}}{2} = \frac{1500}{2} + \frac{2000}{2} = 1750N \quad (6)$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na ohyb:

$$\tau_{\perp 1} = \frac{M_{OSV1}}{W_{OSV1}} = \frac{F_9 \cdot K_1}{\frac{J_{z1}}{e_1}} = \frac{1750 \cdot 90}{\frac{231220}{28}} = 19,1MPa \quad (7)$$

$$e_1 = \frac{c_1}{2} + a_1 = \frac{50}{2} + 3 = 28mm \quad (8)$$

$$W_{OSV1} = \frac{J_{z1}}{e_1} = \frac{J_{z1}}{\frac{c_1}{2} + a_1} \quad (9)$$

Kvadratický moment průřezu svaru vůči ose z:

$$J_{z1} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot c_1^3 \cdot a_1 + \frac{1}{12} \cdot a_1^3 \cdot l_1 + a_1 \cdot l_1 \cdot \left(\frac{c_1}{2} + \frac{a_1}{2} \right)^2 \right] \quad (10)$$

$$J_{z1} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot 50^3 \cdot 3 + \frac{1}{12} \cdot 3^3 \cdot 40 + 3 \cdot 40 \cdot \left(\frac{50}{2} + \frac{3}{2} \right)^2 \right] = 231220 \text{ mm}^2$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na smyk:

$$\tau_{//1} = \frac{F_9}{2 \cdot c_1 \cdot a_1} = \frac{1750}{2 \cdot 50 \cdot 3} = 5,8 \text{ MPa} \quad (11)$$

Dovolené napětí ve svaru:

$$\tau_{DSV1} = \beta \cdot \sigma_{DOV} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_{s2}} = 1,1731 \cdot \frac{410}{1,5} = 320,7 \text{ MPa} \quad (12)$$

β – Součinitel tloušťky koutového svaru, $\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z$ (pro $z < 10 \text{ mm}$) [8]

$$z_1 = \sqrt{2} \cdot a_1 = 1,41 \cdot 3 = 4,23 \text{ mm} \quad (13)$$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 4,23 = 1,1731 \quad (14)$$

Pevnostní podmínka:

$$\tau_{red1} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{//1}}{k_4} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp1}}{k_3} \right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{DOV} \quad (15)$$

Převodní součinitel čelní - $k_3 = 0,75$

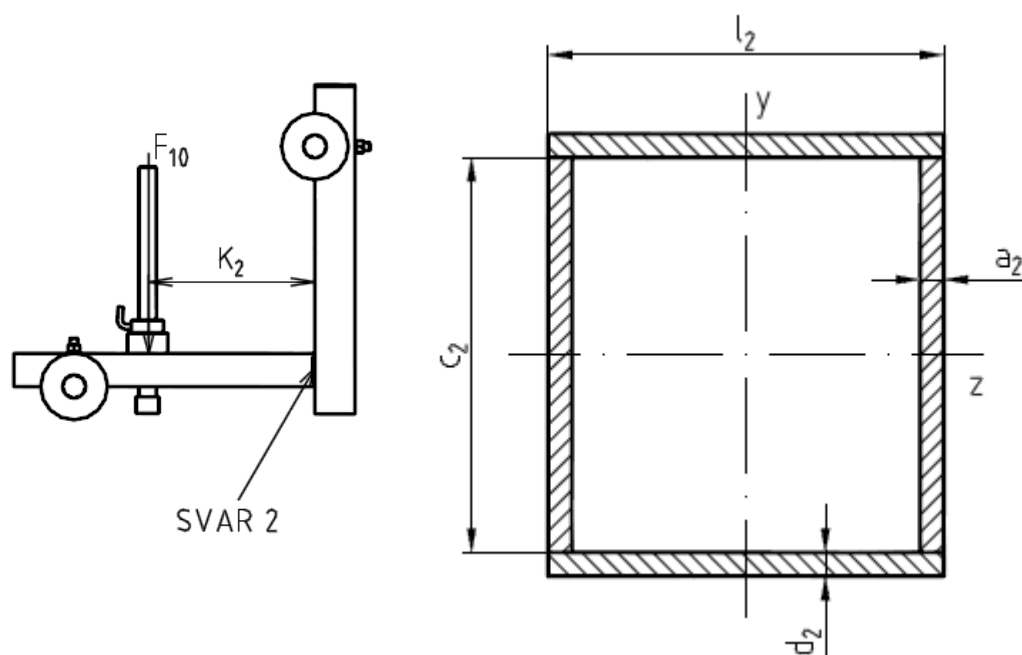
Převodní součinitel boční - $k_4 = 0,65$

$$\tau_{red1} = \sqrt{\left(\frac{5,8}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{19,1}{0,75}\right)^2} = 27MPa$$

$$\tau_{red1} < \tau_{DSV1} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (16)$$

3.2.2 Kontrola svaru 2.

Je to svar u kombinovaného stanoviště pro zakopávání a předkopávání, který spojuje dva čtvercové ocelové profily. Síla F_{10} má velikost maximální hmotnosti závaží.



Obr 3. 9 – Zatěžující síla a nosný průřez svaru 2.

$$R_e = 410MPa$$

$$K_2 = 200mm$$

$$k_{s2} = 1,5$$

$$l_2 = 50mm$$

$$c_2 = 50mm$$

$$a_2 = d_2 = 3mm$$

$$\text{Maximální síla závaží} - F_{10} = 1000N$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na ohyb:

$$\tau_{\perp 2} = \frac{M_{OSV2}}{W_{OSV1}} = \frac{F_{10} \cdot K_2}{\frac{J_{z2}}{e_2}} = \frac{1000 \cdot 200}{\frac{273400}{28}} = 20,5 MPa \quad (17)$$

$$e_2 = \frac{c_2}{2} + a_2 = \frac{50}{2} + 3 = 28 mm \quad (18)$$

$$W_{OSV2} = \frac{J_{z2}}{e_2} = \frac{J_{z2}}{\frac{c_2}{2} + a_2} \quad (19)$$

Kvadratický moment průřezu svaru vůči ose z:

$$J_{z2} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot c_2^3 \cdot a_2 + \frac{1}{12} \cdot a_2^3 \cdot l_2 + a_2 \cdot l_2 \cdot \left(\frac{c_2}{2} + \frac{a_2}{2} \right)^2 \right] \quad (20)$$

$$J_{z2} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot 50^3 \cdot 3 + \frac{1}{12} \cdot 3^3 \cdot 50 + 3 \cdot 50 \cdot \left(\frac{50}{2} + \frac{3}{2} \right)^2 \right] = 273400 mm^2$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na smyk:

$$\tau_{//2} = \frac{F_{10}}{2 \cdot c_2 \cdot a_2} = \frac{1000}{2 \cdot 50 \cdot 3} = 3,3 MPa \quad (21)$$

Dovolené napětí ve svaru:

$$\tau_{DSV2} = \beta \cdot \sigma_{DOV} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_{s2}} = 1,1731 \cdot \frac{410}{1,5} = 320,7 MPa \quad (22)$$

$$z_1 = \sqrt{2} \cdot a_1 = 1,41 \cdot 3 = 4,23 mm \quad (23)$$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 4,23 = 1,1731 \quad (24)$$

Pevnostní podmínka:

$$\tau_{red2} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{//2}}{k_4} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp 2}}{k_3} \right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{DOV} \quad (25)$$

$$k_3 = 0,75$$

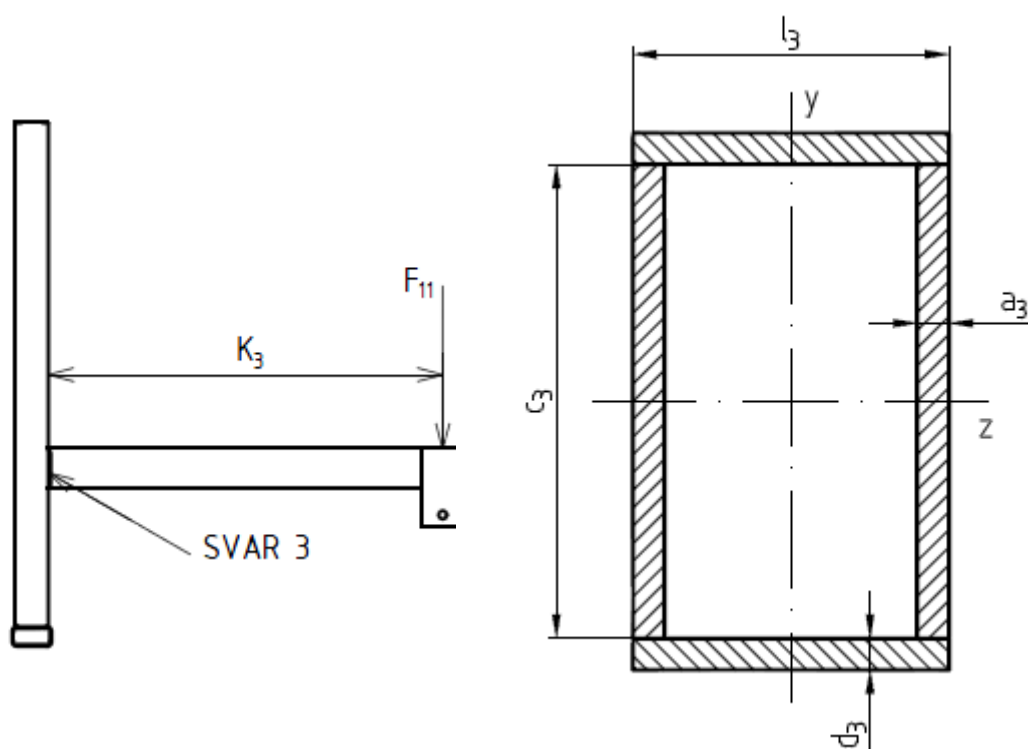
$$k_4 = 0,65$$

$$\tau_{red2} = \sqrt{\left(\frac{3,3}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{20,5}{0,75}\right)^2} = 28 MPa$$

$$\tau_{red2} < \tau_{DSV2} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (26)$$

3.2.3 Kontrola svaru 3.

U stojanu na velkou činku jsem spočítal svar 3. Ten spojuje příčný nosník a nohy stojanu. Na svar působí maximální síla F_{11} , což je polovina síly F_2 .



Obr 3. 10 - Zatěžující síla a nosný průřez svaru 3.

$$R_e = 410MPa$$

$$K_3 = 600mm$$

$$k_{s2} = 1,5$$

$$l_3 = 40mm$$

$$c_3 = 60mm$$

$$a_3 = d_3 = 4mm$$

$$F_{11} = 2250N$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na ohyb:

$$\tau_{\perp 3} = \frac{M_{OSV3}}{W_{OSV3}} = \frac{F_{11} \cdot K_3}{\frac{J_{z3}}{e_3}} = \frac{2250 \cdot 600}{\frac{472106,7}{34}} = 97,2MPa \quad (27)$$

$$e_3 = \frac{c_3}{2} + a_3 = \frac{60}{2} + 4 = 34mm \quad (28)$$

$$W_{OSV3} = \frac{J_{z3}}{e_3} = \frac{J_{z3}}{\frac{c_3}{2} + a_3} \quad (29)$$

Kvadratický moment průřezu svaru vůči ose z:

$$J_{z3} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot c_3^3 \cdot a_3 + \frac{1}{12} \cdot a_3^3 \cdot l_3 + a_3 \cdot l_3 \cdot \left(\frac{c_3}{2} + \frac{a_3}{2} \right)^2 \right] \quad (30)$$

$$J_{z3} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot 60^3 \cdot 4 + \frac{1}{12} \cdot 4^3 \cdot 40 + 4 \cdot 40 \cdot \left(\frac{60}{2} + \frac{4}{2} \right)^2 \right] = 472106,7mm^2$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na smyk:

$$\tau_{//3} = \frac{F_{11}}{2 \cdot c_3 \cdot a_3} = \frac{2250}{2 \cdot 60 \cdot 4} = 6,3MPa \quad (31)$$

Dovolené napětí ve svaru:

$$\tau_{DSV3} = \beta \cdot \sigma_{DOV} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_{s2}} = 1,1731 \cdot \frac{410}{1,5} = 320,7MPa \quad (32)$$

$$z_3 = \sqrt{2} \cdot a_3 = 1,41 \cdot 4 = 5,64mm \quad (33)$$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 4,23 = 1,1731 \quad (34)$$

Pevnostní podmínka:

$$\tau_{red3} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\parallel 3}}{k_4}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp 3}}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{DOV} \quad (35)$$

$$k_3 = 0,75$$

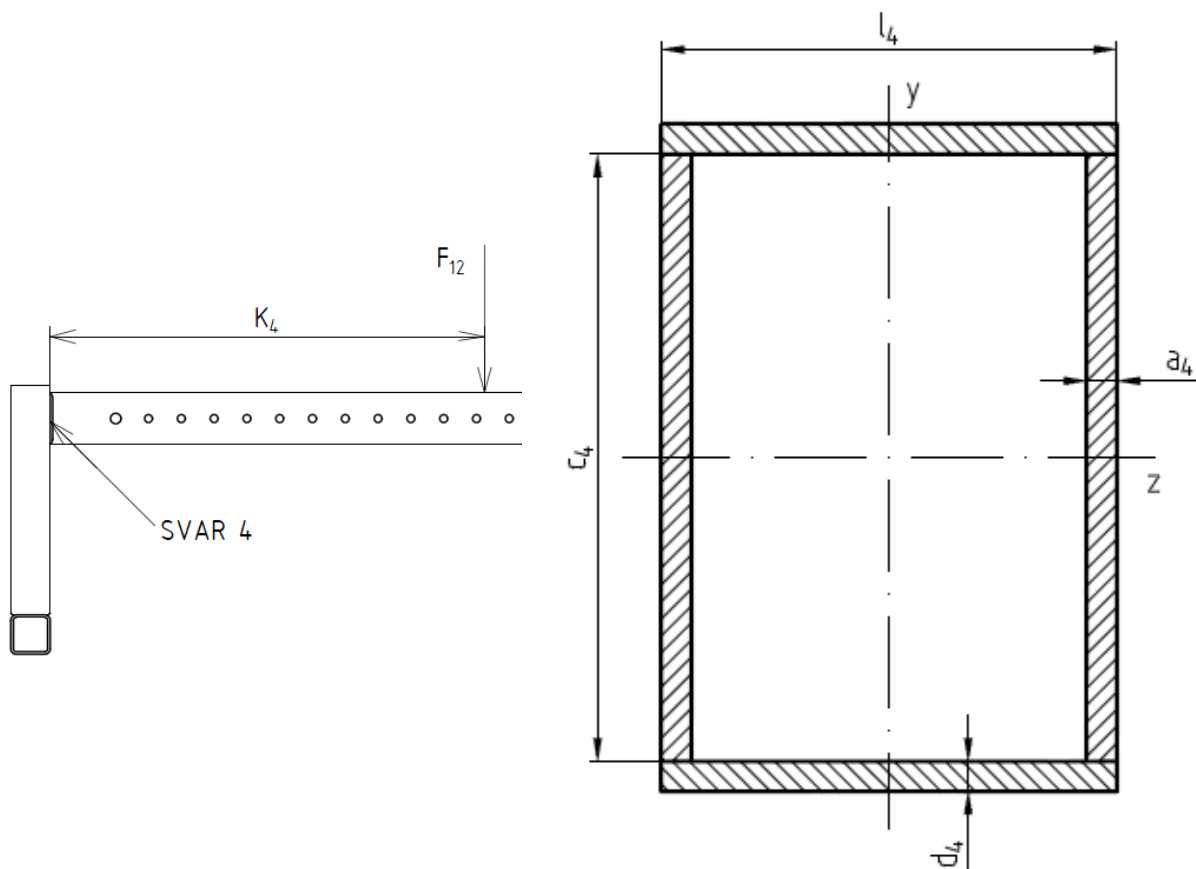
$$k_4 = 0,65$$

$$\tau_{red3} = \sqrt{\left(\frac{6,3}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{97,2}{0,75}\right)^2} = 130MPa$$

$$\tau_{red3} < \tau_{DSV3} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (36)$$

3.2.4 Kontrola svaru 4.

Svar 4 může být namáhán maximální silou F_{12} , která je poloviční jako síla F_3 a ta má velikost 4500N. Působí zde jak hmotnost závaží a cvičence, tak dynamická síla, která vzniká při zvedání závaží ze stojanu.



Obr 3. 11 - Zatěžující síla a nosný průřez svaru 4.

$$R_e = 410 \text{ MPa}$$

$$K_4 = 637,5 \text{ mm}$$

$$k_{s2} = 1,5$$

$$l_4 = 60 \text{ mm}$$

$$c_4 = 80 \text{ mm}$$

$$a_4 = d_4 = 4 \text{ mm}$$

$$F_{12} = 2250 \text{ N}$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na ohyb:

$$\tau_{14} = \frac{M_{0SV4}}{W_{0SV4}} = \frac{F_{12} \cdot K_4}{\frac{J_{z4}}{e_4}} = \frac{2250 \cdot 637,5}{\frac{1188693}{44}} = 53,1 \text{ MPa} \quad (37)$$

$$e_4 = \frac{c_4}{2} + a_4 = \frac{80}{2} + 4 = 44 \text{ mm} \quad (38)$$

$$W_{OSV4} = \frac{J_{z4}}{e_4} = \frac{J_{z4}}{\frac{c_4}{2} + a_4} \quad (39)$$

Kvadratický moment průřezu svaru vůči ose z:

$$J_{z4} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot c_4^3 \cdot a_4 + \frac{1}{12} \cdot a_4^3 \cdot l_4 + a_4 \cdot l_4 \cdot \left(\frac{c_4}{2} + \frac{a_4}{2} \right)^2 \right] \quad (40)$$

$$J_{z4} = 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot 80^3 \cdot 4 + \frac{1}{12} \cdot 4^3 \cdot 60 + 4 \cdot 60 \cdot \left(\frac{80}{2} + \frac{4}{2} \right)^2 \right] = 1188693 \text{ mm}^2$$

Výpočet napětí ve svaru při namáhání na smyk:

$$\tau_{//4} = \frac{F_{12}}{2 \cdot c_4 \cdot a_4} = \frac{2250}{2 \cdot 80 \cdot 4} = 3,5 \text{ MPa} \quad (41)$$

Dovolené napětí ve svaru:

$$\tau_{DSV4} = \beta \cdot \sigma_{DOV} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_{s2}} = 1,1731 \cdot \frac{410}{1,5} = 320,7 \text{ MPa} \quad (42)$$

$$z_4 = \sqrt{2} \cdot a_4 = 1,41 \cdot 4 = 5,64 \text{ mm} \quad (43)$$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 4,23 = 1,1731 \quad (44)$$

Pevnostní podmínka:

$$\tau_{red4} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{//4}}{k_4} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp4}}{k_3} \right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{DOV} \quad (45)$$

$$k_3 = 0,75$$

$$k_4 = 0,65$$

$$\tau_{red4} = \sqrt{\left(\frac{3,5}{0,65} \right)^2 + \left(\frac{53,1}{0,75} \right)^2} = 71 \text{ MPa}$$

$$\tau_{red4} < \tau_{DSV4} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (46)$$

3.3 Kontrola čepů

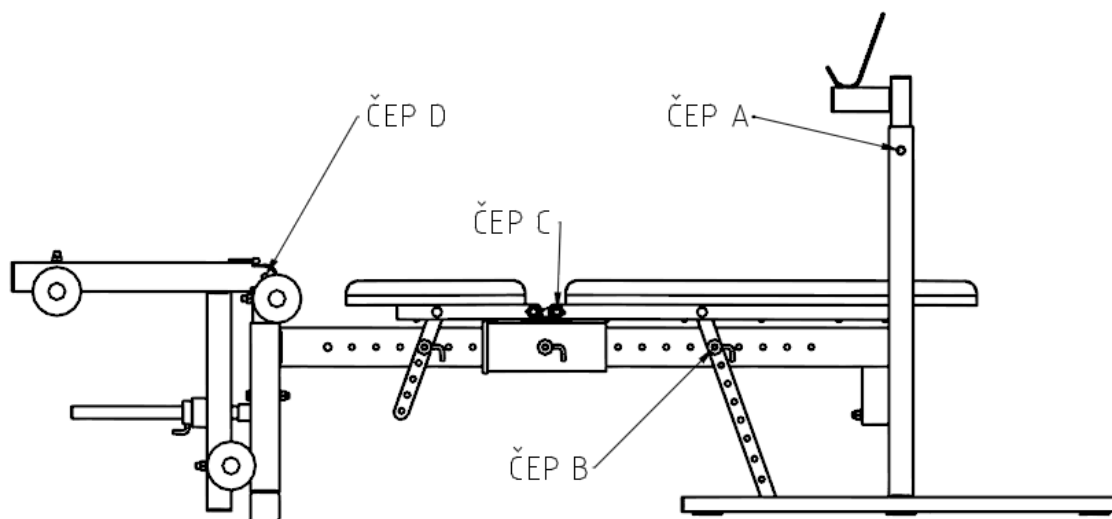
Spojovací normalizované čepy se používají k otočnému spojení strojních součástí, které přenáší tahovou nebo tlakovou sílu kolmou na osu čepu. Ukládají se s vůlí. Proti osovému posunutí se zajišťují závlačkou, pojistným kroužkem nebo maticí.

Vzhledem k tomu, že je uložen v otvoru s vůlí, počítá se jeho průměr z kombinace namáhání na ohyb a smyk [8].

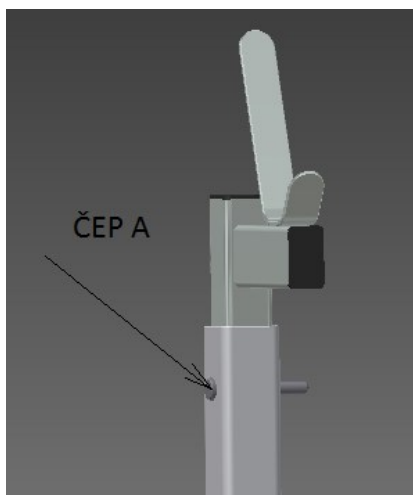
Na posilovacím stroji jsou použity normalizované čepy s hlavou dle ČSN 02 2109, tvaru A, nebo tvaru B. Čepy jsou z oceli 11500, jejíž mez kluzu $R_e = 245$ MPa a dovolený měrný tlak je $p_D = 100$ MPa.

Proti axiálnímu posunutí jsou čepy zajištěny závlačkami, nebo mnou navrženými kroužky.

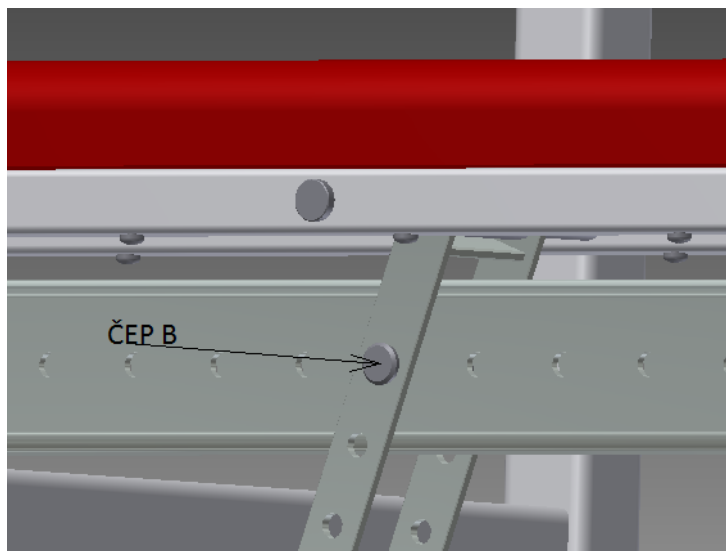
Pevnostní výpočty čepů jsem provedl pro čepy znázorněné na obr. 3. 12. Čep sedáku nebudu počítat, protože je méně namáhaný než čep opěradla. Avšak v rámci unifikace je stejného průměru.



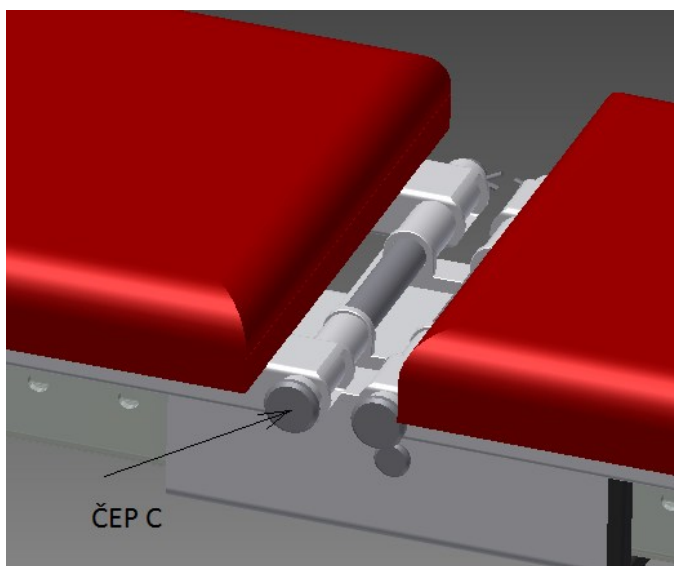
Obr 3. 12 – Posilovací stroj s vyznačenými čepy



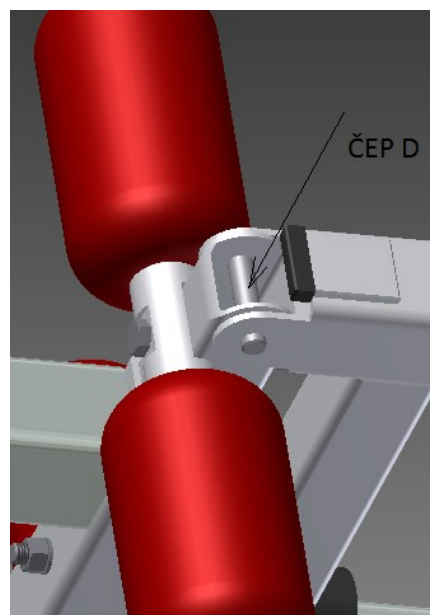
Obr 3. 13 - Detail čepu A



Obr 3. 14 - Detail čepu B



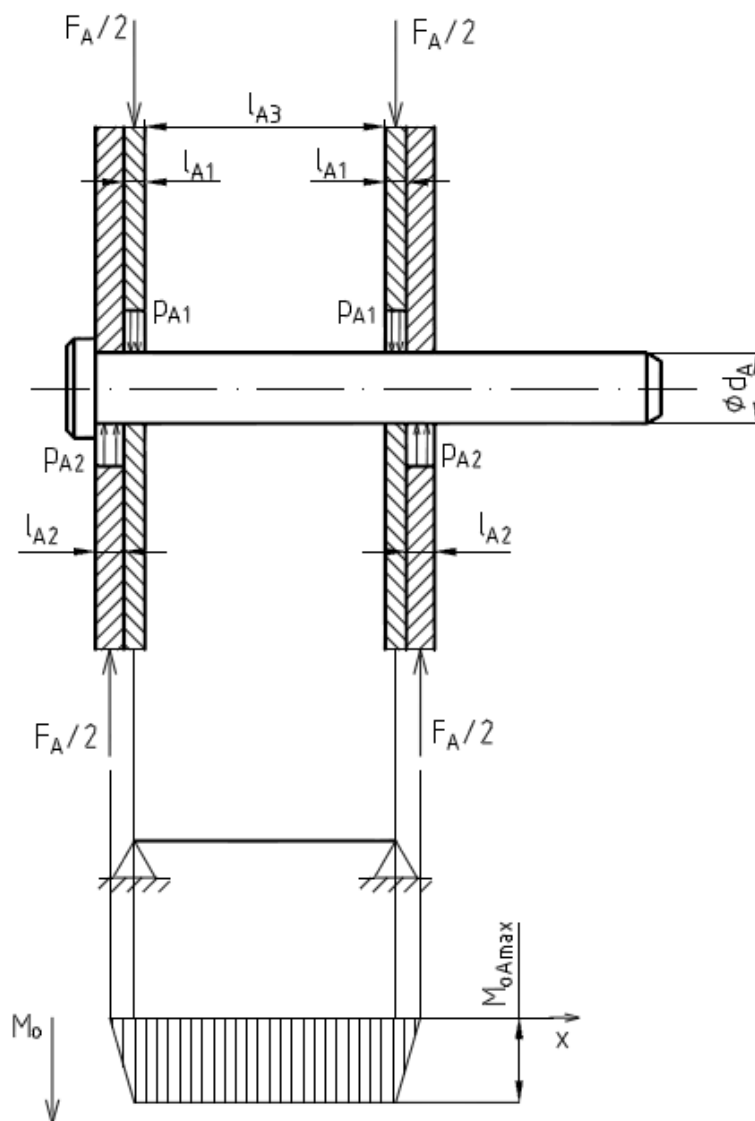
Obr 3. 16 - Detail čepu C



Obr 3. 15 - Detail čepu D

3.3.1 Kontrola čepu A

Čep A zajišťuje danou polohu vysunovacího držáku, na který se odkládá velká činka. Na čep působí síla F_A , která je rovna maximální hmotnosti závaží na velké čince a k ní připočítané bezpečnostní síle, která je rovna maximální hmotnosti cvičence. Tento čep není nijak pojištěn, protože na něj nebude působit žádná axiální síla.



Obr 3. 18 – namáhání čepu silou F_A

MATERIÁL ČEPU 11500 \Rightarrow Hodnota dovoleného napětí - $\sigma_{DOV} = 100MPa$

Hodnota dovoleného napětí - $\tau_D = 70MPa$

Hodnota dovoleného tlaku - $p_D = 100MPa$

Tloušťka stěny materiálu - $l_{A1} = 3mm$

Tloušťka stěny materiálu - $l_{A2} = 4mm$

Maximální zatěžující síla - $F_A = 1750N$

Výpočet maximálního ohybového momentu:

$$M_{oAmax} = \frac{F_A}{2} \cdot \left(\frac{l_{A1}}{2} + \frac{l_{A2}}{2} \right) = \frac{1000}{2} \cdot \left(\frac{3}{2} + \frac{4}{2} \right) = 1750N \cdot mm \quad (47)$$

Výpočet minimálního \varnothing čepu A:

$$d_A \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{0Amax}}{\pi \cdot \sigma_{oDOV}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1750}{\pi \cdot 100}} = 5,6mm \quad (48)$$

Volím ČEP 10 x 80 A ČSN 02 2109

Kontrola tlaku ve stykové ploše čepu a horního příčnicku:

Materiál horního i dolního příčnicku 11 375 - $p_D = 70MPa$

$$p_{A1} = \frac{F_A}{2 \cdot d_A \cdot l_{A1}} = \frac{1750}{2 \cdot 10 \cdot 3} = 29,2MPa < 70MPa \quad (49)$$

$$p_{A2} = \frac{F_A}{2 \cdot d_A \cdot l_{A2}} = \frac{1750}{2 \cdot 10 \cdot 4} = 12,5MPa < 70MPa \quad (50)$$

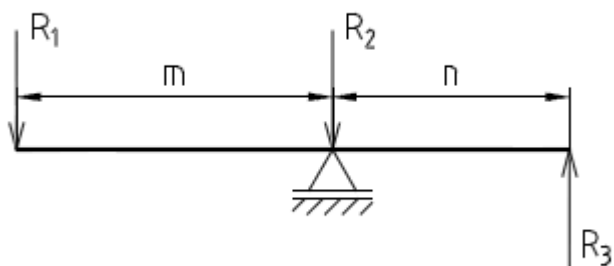
Kontrola na stříh:

$$\tau_{s1} = \frac{F_A}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_A^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_A}{\pi \cdot d_A^2} = \frac{2 \cdot 1750}{\pi \cdot 10^2} = 11,1MPa < 70MPa \quad (51)$$

3.3.2 Kontrola čepu B

Na čep B působí radiální síla F_B , kterou jsem vypočítal z maximální hmotnosti cvičence, maximální hmotnosti závaží a maximální dynamické síly. Síla F_B působí na rameni m. Na čep B bude působit největší síla, když bude opěrka ve vodorovné poloze (tedy bude svírat se zemí úhel 0°). Z reakcí jsem zjistil jak sílu $F_B = R_2$, tak sílu $F_C = R_3$, kterou budu potřebovat při kontrole čepu C.

Určení reakční síly na čepu B a C:



Obr 3. 19 - Schéma opěrky lavice při maximálním zatížení

$$R_1 = F_2 = 4500\text{N}$$

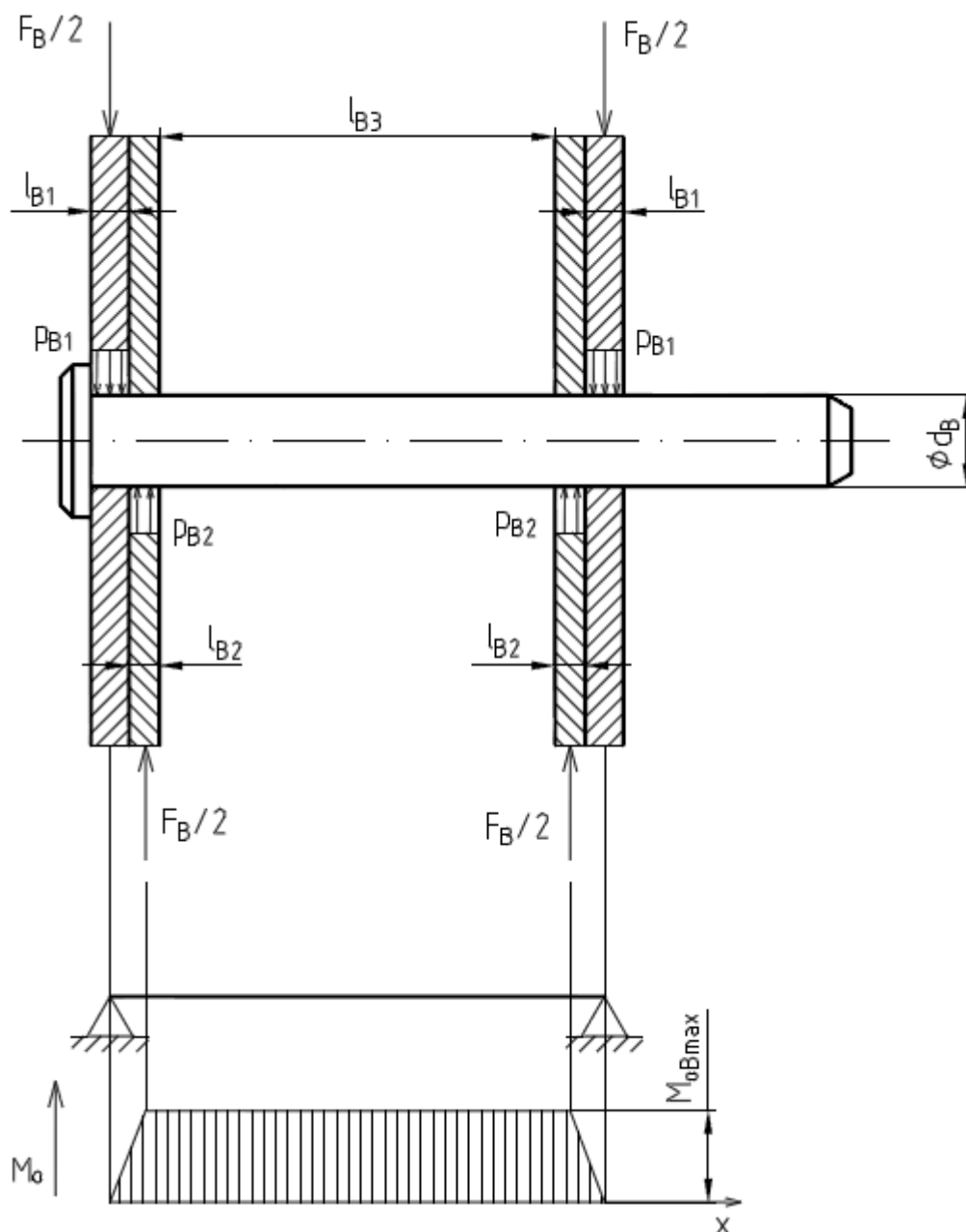
Vzdálenost od působíště síly R_1 po čep B - $m = 0,4\text{m}$

Vzdálenost od čepu B po Čep C - $n = 0,3\text{m}$

$$R_3 = F_C = ?$$

$$-R_1 \cdot m + R_3 \cdot n = 0 \Rightarrow R_3 = \frac{R_1 \cdot m}{n} = \frac{4500 \cdot 0,4}{0,3} = 6000\text{N} \quad (52)$$

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot n}{m} = \frac{4500 \cdot 0,3}{0,4} = 3375\text{N} \quad (53)$$



Obr 3. 20 – Namáhání čepu silou F_B

MATERIÁL ČEPU 11500 $\Rightarrow \sigma_{DOV} = 100MPa$

$\tau_D = 70MPa$

$p_D = 100MPa$

$l_{B1} = 5mm$

$l_{B2} = 4mm$

$F_B = 3375N$

Výpočet maximálního ohybového momentu:

$$M_{oBmax} = \frac{F_B}{2} \cdot \left(\frac{l_{B1}}{2} + \frac{l_{B2}}{2} \right) = \frac{3375}{2} \cdot \left(\frac{5}{2} + \frac{4}{2} \right) = 7593,8 N \cdot mm \quad (54)$$

Výpočet minimálního Ø čepu B:

$$d_B \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{oBmax}}{\pi \cdot \sigma_{oDOV}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 7593,8}{\pi \cdot 100}} = 9,2 mm \quad (55)$$

Volím ČEP 12 x 100 A ČSN 02 2109

Kontrola tlaku ve stykové ploše čepu a horního příčnicku:

Materiál horního i dolního příčnicku 11 375 - $p_D = 70 MPa$

$$p_{B1} = \frac{F_B}{2 \cdot d_B \cdot l_{B1}} = \frac{3375}{2 \cdot 12 \cdot 5} = 28,1 MPa < 70 MPa \quad (56)$$

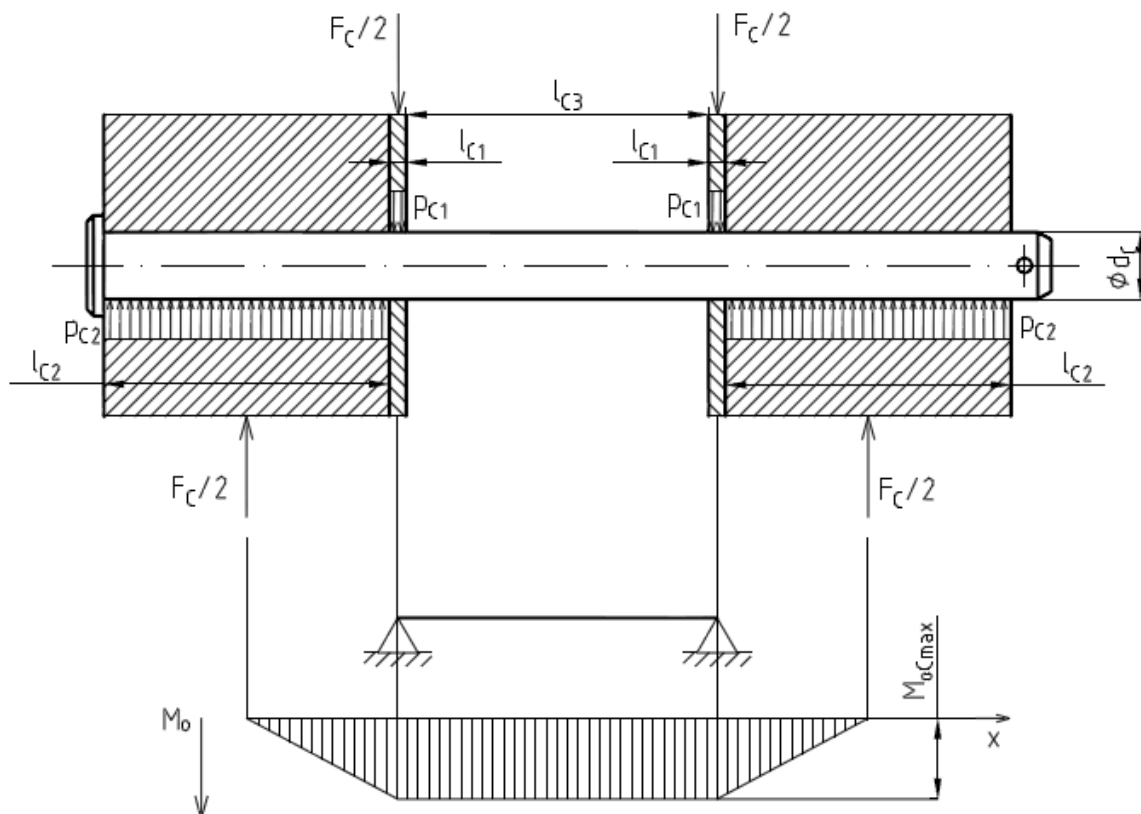
$$p_{B2} = \frac{F_B}{2 \cdot d_B \cdot l_{B2}} = \frac{3375}{2 \cdot 12 \cdot 4} = 35,1 MPa < 70 MPa \quad (57)$$

Kontrola na stříh:

$$\tau_{s2} = \frac{F_B}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_B^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_B}{\pi \cdot d_B^2} = \frac{2 \cdot 3375}{\pi \cdot 12^2} = 15 MPa < 70 MPa \quad (58)$$

3.3.3 Kontrola čepu C

Jak můžeme vidět na obr. 3.16, tak na čepu C se pohybuje otočně opěrka lavice. Při nejvyšším zatížení působí na čep síla F_C (R_3). Čep je zajištěn pružnou závlačkou, pro možnost rozložení lavice.



Obr 3. 21 - Namáhání čepu silou F_C

MATERIÁL ČEPU 11500 $\Rightarrow \sigma_{DOV} = 100MPa$

$\tau_D = 70MPa$

$p_D = 100MPa$

$l_{C1} = 5mm$

$l_{C2} = 85mm$

$F_C = 6000N$

Výpočet maximálního ohybového momentu:

$$M_{oCmax} = \frac{F_C}{2} \cdot \left(\frac{l_{C1}}{2} + \frac{l_{C2}}{2} \right) = \frac{6000}{2} \cdot \left(\frac{5}{2} + \frac{85}{2} \right) = 135000N \cdot mm \quad (59)$$

Výpočet minimálního Ø čepu C:

$$d_C \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{OCmax}}{\pi \cdot \sigma_{oDOV}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 135000}{\pi \cdot 100}} = 18,4mm \quad (60)$$

Volím ČEP 20 x 280 x 5 B ČSN 02 2109

Kontrola tlaku ve stykové ploše čepu a horního příčnicku:

Materiál horního i dolního příčnicku 11 375 - $p_D = 70MPa$

$$p_{C1} = \frac{F_C}{2 \cdot d_C \cdot l_{C1}} = \frac{6000}{2 \cdot 20 \cdot 5} = 30MPa < 70MPa \quad (61)$$

$$p_{B2} = \frac{F_B}{2 \cdot d_B \cdot l_{B2}} = \frac{6000}{2 \cdot 20 \cdot 85} = 2,8MPa < 70MPa \quad (62)$$

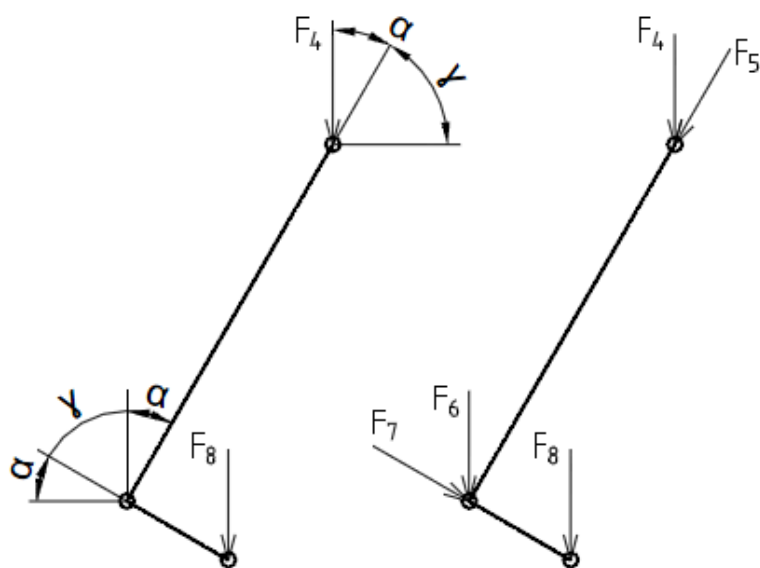
Kontrola na střih:

$$\tau_{s3} = \frac{F_C}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_C^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_C}{\pi \cdot d_C^2} = \frac{2 \cdot 6000}{\pi \cdot 20^2} = 9,6MPa < 70MPa \quad (63)$$

3.3.4 Kontrola čepu D

Na čep D působí maximální síla $F_D = F_8$. Abych zjistil tuto sílu, tak musím rozložit maximální sílu závaží, která činí 100kg a hmotnost kombinované stanice pro předkopávání a zakopávání, která má zhruba 20kg. Čep je zajištěn proti axiálnímu posunutí obvodovým koutovým svarem.

Určení rozložené síly F_D (F_8) na čep D:



Obr 3. 22 - schéma rozložení síly F_4

$$\gamma = 60^\circ$$

$$\alpha = 30^\circ$$

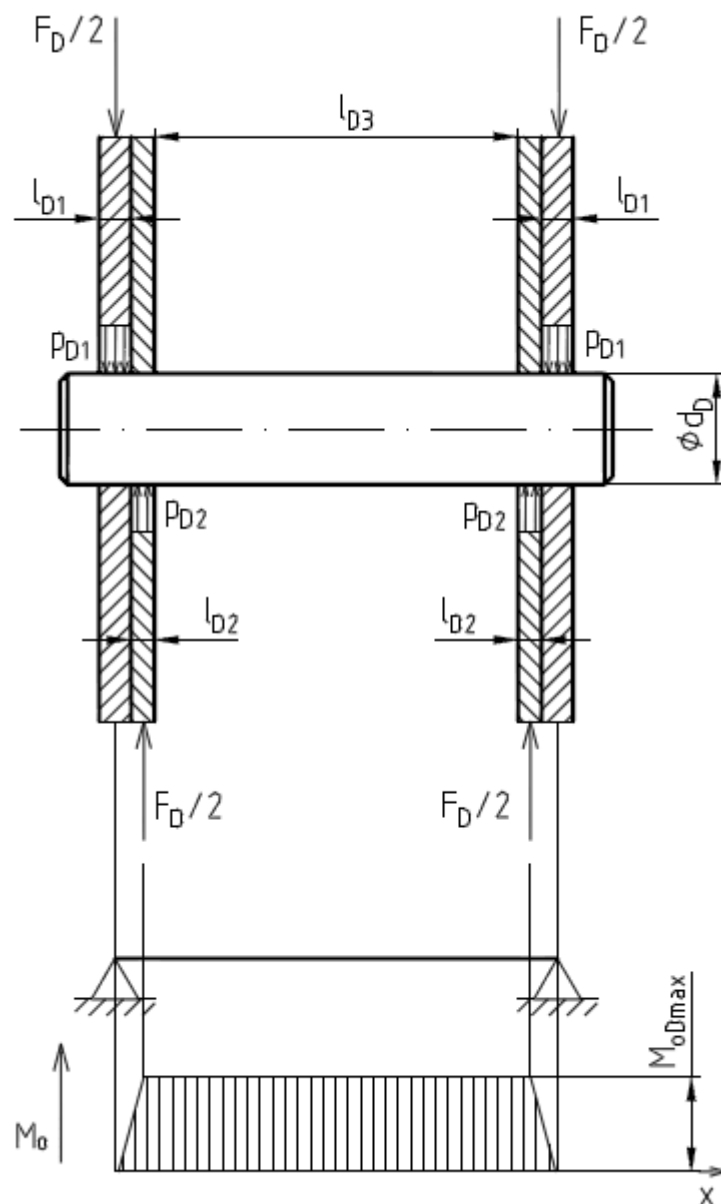
$$F_4 = 1200 \text{ N}$$

$$F_5 = F_4 \cdot \cos \alpha = 1200 \cdot \cos 30^\circ = 1039,23 \text{ N} \quad (64)$$

$$F_6 = F_5 \cdot \cos \alpha = 1039,23 \cdot \cos 30^\circ = 900 \text{ N} \quad (65)$$

$$F_7 = F_6 \cdot \cos \gamma = 900 \cdot \cos 60^\circ = 450 \text{ N} \quad (66)$$

$$F_8 = F_7 \cdot \cos \gamma = 450 \cdot \cos 60^\circ = 225 \text{ N} \quad (67)$$



Obr 3. 23 - Namáhání čepu silou F_D

MATERIÁL ČEPU 11500 $\Rightarrow \sigma_{D0V} = 100MPa$

$\tau_D = 70MPa$

$p_D = 100MPa$

$l_{D1} = 4mm$

$l_{D2} = 3mm$

$F_D = 225N$

Výpočet maximálního ohybového momentu:

$$M_{oDmax} = \frac{F_D}{2} \cdot \left(\frac{l_{D1}}{2} + \frac{l_{D2}}{2} \right) = \frac{225}{2} \cdot \left(\frac{4}{2} + \frac{3}{2} \right) = 394N \cdot mm \quad (68)$$

Výpočet minimálního Ø čepu D:

$$d_D \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{ODmax}}{\pi \cdot \sigma_{oDOV}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 394}{\pi \cdot 100}} = 3,8mm \quad (69)$$

Volím ČEP 14 x 70 B ČSN 02 2109

Kontrola tlaku ve stykové ploše čepu a horního příčnicku:

Materiál horního i dolního příčnicku 11 375 - $p_D = 70MPa$

$$p_{D1} = \frac{F_D}{2 \cdot d_D \cdot l_{D1}} = \frac{225}{2 \cdot 14 \cdot 4} = 2,7MPa < 70MPa \quad (70)$$

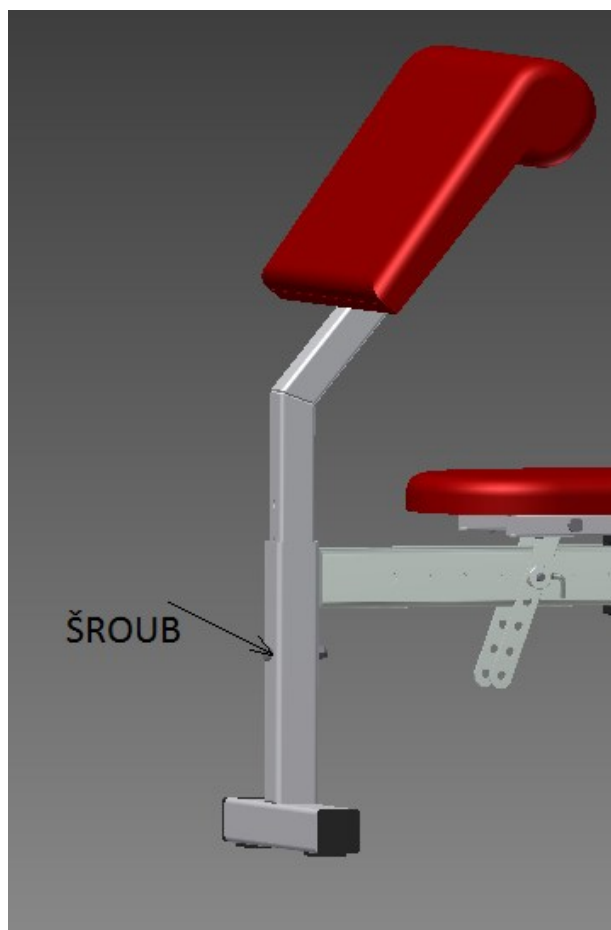
$$p_{D2} = \frac{F_D}{2 \cdot d_D \cdot l_{D2}} = \frac{225}{2 \cdot 14 \cdot 3} = 2MPa < 70MPa \quad (71)$$

Kontrola na stříh:

$$\tau_{s4} = \frac{F_D}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_D^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_D}{\pi \cdot d_D^2} = \frac{2 \cdot 225}{\pi \cdot 14^2} = 0,7MPa < 70MPa \quad (72)$$

3.4 Kontrola šroubu

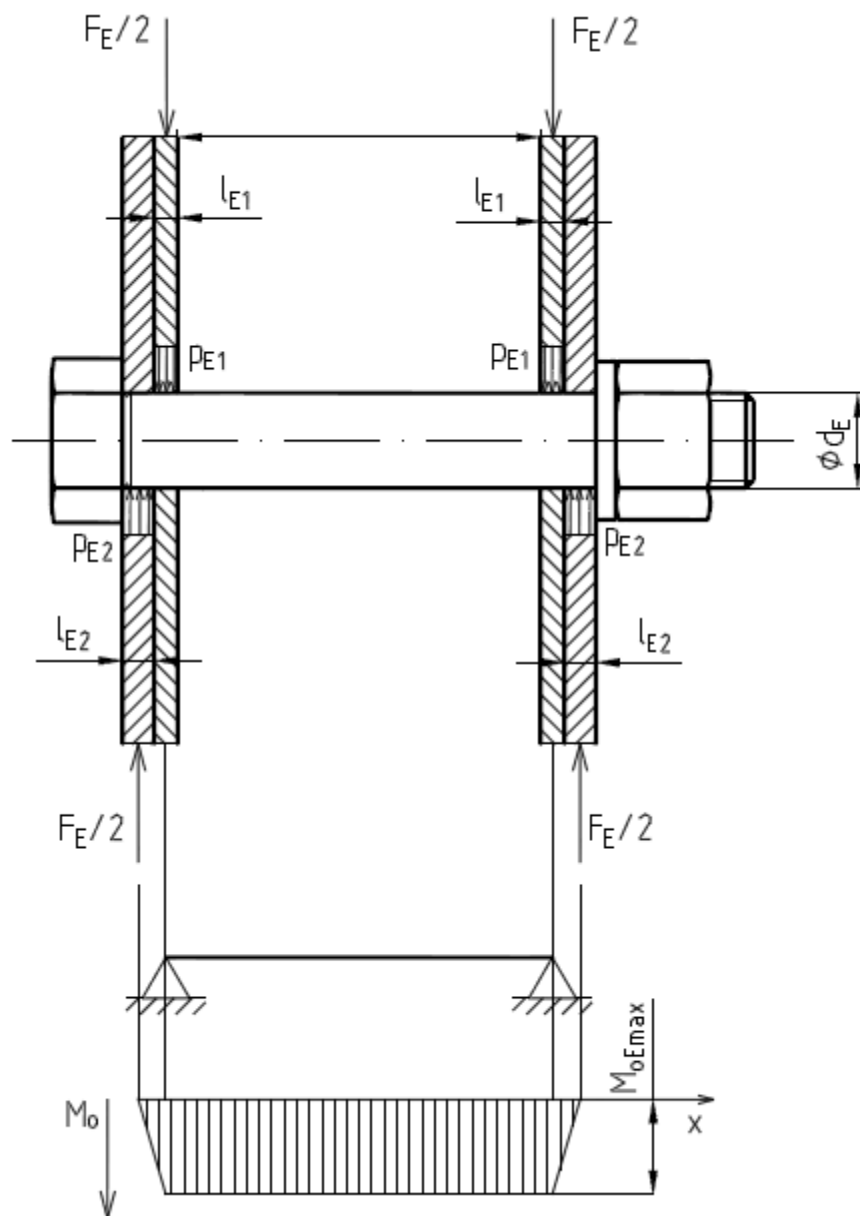
Šroubové spoje jsou dnes velmi rozšířené. Používají se ve všech průmyslových odvětvích. Jejich výhodou je například jednoduchost, rozebíratelnost, pevnost, spolehlivost, opakovaná montáž a demontáž. [8]



Obr 3. 24 – Detail kontrolovaného šroubu

3.4.1 Kontrola šroubu

Na šroub působí maximální síla závaží 1000N. Zařízení na posilování nohou vyměním za Scottovu lavici. Hmotnost horní části těla cvičence a maximální hmotnost použitého závaží jsem odhadl na celkovou hmotnost 100kg. Šroub je zatěžován stejně jako kontrolované čepy na tlak ve stykové ploše.



Obr 3. 25 – Namáhání šroubu silou F_E

MATERIÁL ŠROUBU 5.6 $\Rightarrow R_e = 300MPa$

$\tau_D = 70MPa$

$p_D = 100MPa$

$l_{E1} = 4mm$

$l_{E2} = 3mm$

$F_E = 1000N$

$k_{s3} = 1,3$

Výpočet dovoleného napětí:

$$\sigma_{oDOV} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{300}{1,3} = 230,8 \text{ MPa} \quad (73)$$

Výpočet maximálního ohybového momentu:

$$M_{oEmax} = \frac{F_E}{2} \cdot \left(\frac{l_{E1}}{2} + \frac{l_{E2}}{2} \right) = \frac{1000}{2} \cdot \left(\frac{4}{2} + \frac{3}{2} \right) = 1750 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (74)$$

Výpočet minimálního Ø šroubu:

$$d_E \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{oEmax}}{\pi \cdot \sigma_{oDOV}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1750}{\pi \cdot 230,8}} = 4,3 \text{ mm} \quad (75)$$

Volím ŠROUB M12 x 80 ČSN 02 1111 - 5.6

Kontrola tlaku ve stykové ploše šroubu a horního příčnicku:

Materiál horního i dolního příčnicku 11 375 - $p_D = 70 \text{ MPa}$

Průměr lícovaného šroubu – $d_E = 13 \text{ mm}$

$$p_{E1} = \frac{F_E}{2 \cdot d_E \cdot l_{E1}} = \frac{1000}{2 \cdot 13 \cdot 4} = 9,6 \text{ MPa} < 70 \text{ MPa} \quad (76)$$

$$p_{E2} = \frac{F_E}{2 \cdot d_E \cdot l_{E2}} = \frac{1000}{2 \cdot 13 \cdot 3} = 12,8 \text{ MPa} < 70 \text{ MPa} \quad (77)$$

Kontrola na stříh:

$$\tau_{s5} = \frac{F_E}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_E^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_E}{\pi \cdot d_E^2} = \frac{2 \cdot 1000}{\pi \cdot 13^2} = 3,8 \text{ MPa} < 70 \text{ MPa} \quad (78)$$

4 Technický popis zařízení

Navržený posilovací stroj je určený především pro domácí používání. Maximální hmotnost cvičence je stanovena na 150kg. Největší možná hmotnost závaží, kterou lze postavit na stojan, nebo s níž je možno cvičit na lavici činí 200kg. Stroj je konstruován tak, aby se dal v případě potřeby rozložit na několik částí. Celý posilovací stroj stojí na třech nohách, které zajišťují velkou stabilitu.

Opěrka lavice je polohovatelná od 0° do 90°. Sedák se dá taktéž polohovat a to v rozmezí od 0° do 45°. Celou lavici lze posouvat po hlavním tělese stroje. Dále je na stroji kombinované stanoviště pro procvičování nohou, které lze taktéž polohovat pro přizpůsobení stroje velikosti cvičence. Zařízení na procvičování nohou se při zvedání může dostat z polohy 0° až do polohy 150°, kde se zastaví o bezpečnostní doraz. Toto zařízení je možné vyměnit za Scottovu lavici, která slouží pro procvičování rukou, je taktéž výškově nastavitelná. Stojan na velkou činku je posledním zařízením, které lze opět výškově polohovat a to od 100cm do 160cm.

Části stroje, u kterých dochází ke kontaktu s materiálem jsou z důvodu rychlého sedření barvy a následné korozi pozinkovány. Části, u kterých nedochází ke kontaktu, jsou povrchově upraveny kvalitní barvou. Otevřené konce profilových materiálů jsou zakryty bezpečnostními gumovými kryty. Ze spodní části posilovacího stroje jsou nalepeny protiskluzové gumové podložky.

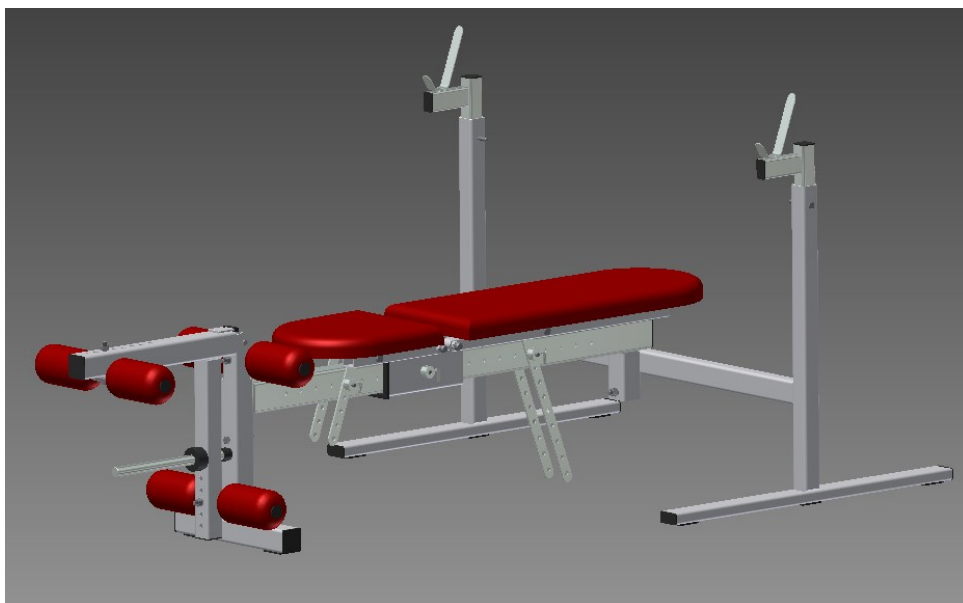
Stroj musí být umístěn na rovném a pevném podloží (nejlépe na betonovém podloží potažené gumovou vrstvou).

Tab. 3: Technické parametry posilovacího stroje

Maximální hmotnost závaží na velké čince	200kg
Maximální hmotnost závaží na zařízení na nohy	100kg
Maximální hmotnost cvičence	150kg
Rozměry stroje (d x š x v)	(229cm, 130cm, 160cm)
Hmotnost stroje bez závaží	90kg

5 Závěr

Dle stanovených požadavků jsem navrhl jednoduchý víceúčelový posilovací stroj pro domácí použití. Nejprve jsem uvedl literární rešerši podobných posilovacích strojů, podle kterých jsem navrhl vhodné řešení posilovacího stroje. Následně jsem navrhl konstrukci posilovacího stroje. Zkontroloval jsem kritická místa na tomto stroji a navrhl, čepy, svary, a šrouby. Zatížení hlavního tělesa stroje jsem zkontroloval pomocí MKP. Na závěr jsem uvedl technický popis toho stroje, včetně popisu základních technických parametrů.



Obr 5. 1 - Posilovací stroj varianta 1.



Obr 5. 2 - Posilovací stroj varianta 2.

Použitá literatura

- [1] KETTLER. [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.kettler-fitness.cz/>
- [2] AZ-SVARECITECHNIKA. [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.az-svarecitechnika.cz/pridavne-svareci-materialy/obalovane-svareci-elektrody/>
- [3] INSPORTLINE. [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.insportline.cz/posilovaci-veze-a-lavice>
- [4] FERONA. [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/strom.php>
- [5] BARVYTELURIA. [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.barvyteluria.cz/produkt/5c-epolex-zaklad-profi/4>
- [6] BOLEK, Alfred a Josef KOCHMAN. *Části strojů*. 5., přeprac. vyd. (v SNTL 1. vyd.). Praha: SNTL, 1989, 775 s. Česká matice techn. ISBN 80-030-0046-7.
- [7] DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I: spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce*. Ostrava: Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-722-5018-3.
- [8] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8..
- [9] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

Seznam příloh

Název výkresu:	Číslo výkresu:	Formát:
TĚLESO POSILOVACÍHO STROJE	SB3KSS04-02	A3
POSILOVACÍ STROJ	SB3KSS04-01	A1
POSILOVACÍ STROJ - SEZNAM POLOŽEK	SB3KSS04-03	A4

Rád bych poděkoval mámu vedoucímu bakalářské práce, paní Ing. Ivaně Kunzové, Ph.D. za odbornou pomoc a veškerý věnovaný čas v průběhu zpracování.